

OPSTOM



Programme CEE - DG XII N° TS2A-0216-M (CD)

Projet Pilote " Casamance "
Bas-fond de DJIGUINOUM
Rapport de synthèse :
AGRONOMIE

Didier BRUNET
Antal DOBOS
Mankeur FALL
Jean-Pierre MONTOROI
Patrick ZANTE

23/03/92 DBØ BRU

DAKAR, Novembre 1991

DBØ
BRU

010016295

Sommaire

Projet Pilote " Casamance " Rapport de synthèse
Bas-fond de DJIGUINOUM
VOLET AGRONOMIE

1. OBJECTIFS, METHODOLOGIE ET MOYENS MIS EN OEUVRE	3
1.1 Objectifs et contraintes	3
1.2 Méthodologie	3
1.3 Moyens mis en oeuvre	5
2. SYSTEME DE CULTURE	6
2.1 Calendrier cultural.....	6
2.1.1 <i>Casier traditionnel</i>	6
2.1.2 <i>Micro-cuvettes</i>	7
2.2 Techniques culturales.....	7
2.2.1 <i>Casier traditionnel</i>	7
2.2.2 <i>Micro-cuvettes</i>	10
3. AMELIORATION DE L'AMBIANCE PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL.....	13
3.1 Contrôle de la qualité de l'eau disponible pour le riz	13
3.2 Régénération de la fertilité	14
4. IMPACT DES AMENAGEMENTS	15
4.1 Sur les rendements	15
4.1.1 <i>Casier traditionnel</i>	15
4.1.2 <i>Micro-cuvettes</i>	17
4.2 Sur la sécurisation de la production	17
4.3 Sur l'extension de la superficie cultivable	18
5. CONCLUSION	18
BIBLIOGRAPHIE.....	19

1. OBJECTIF, METHODOLOGIE ET MOYENS MIS EN OEUVRE

1.1 Objectifs et contraintes

Les contraintes naturelles de la production rizicole dans les bas-fonds de Casamance sont l'eau, le sol et le matériel végétal.

Il n'y a pas de réserves naturelles importantes en eau douce. Celle-ci ne provient que des pluies, pendant une période qui s'est raccourcie considérablement (3 à 4 mois) durant la période de sécheresse actuelle. La riziculture nécessite une alimentation régulière en eau douce. Le stockage des eaux pluviales par un barrage et la gestion du niveau de l'eau dans les parcelles rizicultivées sont devenus indispensables.

Les sols salins et acides constituent le deuxième obstacle majeur à surmonter. La salinité est entretenue par les eaux marines, la fonction anti-sel du barrage n'empêchant cependant pas les intrusions via la nappe. L'acidité, présente dans ces sols par suite de leur exondation durant une grande partie de la saison sèche, génère dans le milieu des éléments solubles, toxiques pour les plantes. La stérilisation de ces terres a entraîné l'abandon de la culture de riz en zone salée. La reconstitution de la fertilité de ces sols nécessite de diminuer leur degré de salinité par un lessivage approprié et de neutraliser l'acidité par des amendements organiques et/ou minéraux raisonnés. Dans les années 70 avant que les effets de la sécheresse ne se fassent trop désastreux, de nombreuses études ont porté sur l'amélioration de la fertilité et la lutte contre la salinisation des terres (BEYE, 1973, 1974 et 1977; BEYE et al., 1978, 1979). Plus récemment, l'effet des amendements sur la production de riz a été démontré en cases lysimétriques (BOIVIN et ZANTE, 1986).

Un troisième obstacle réside dans la capacité limitée des végétaux à supporter un milieu aussi agressif. Le végétal doit supporter pendant son cycle végétatif une variabilité de la pluviométrie plus importante qui favorise les possibilités de stress hydrique et chimique. La sélection de variétés tolérantes est une alternative prometteuse si ces variétés, une fois testées au champ, sont largement diffusées auprès des populations rurales.

1.2. Méthodologie

Pour réaliser ces objectifs, deux itinéraires ont été empruntés:

- la recherche de techniques culturales simples pour tester et confirmer l'impact de la gestion hydraulique du barrage anti-sel. Un casier rizicole, dit traditionnel car conçu sur le modèle diola, a servi de référence pendant deux années consécutives (1989 et 1990). Plusieurs variétés de riz ont été utilisées. Le contrôle des paramètres physico-chimiques a été mis en oeuvre.

- la recherche de solutions améliorant les propriétés physico-chimiques des sols sulfatés acides. Le modèle en micro-cuvettes a été adopté pour tester différentes combinaisons d'apports organiques et minéraux. La mise en place des essais a été effective en 1990. Une seule variété a été testée. Le dispositif a également fonctionné en 1991.

Les casiers rizicoles ont été décrits dans le volet "Aménagement/Génie rural".

Dispositif de contrôle des paramètres physico-chimiques sur le casier traditionnel:

- En 1989, le casier a été réaménagé en surélevant les digues et en rebillonnant les parcelles. Plusieurs appareillages ont été installés pour contrôler les paramètres suivants pouvant influencer la croissance du riz (BRUNET et ZANTE, 1990):

- . la hauteur de lame d'eau à l'aide de trois échelles limnimétriques,
- . le niveau de la nappe avec deux piézomètres crépinés sur toute leur longueur,
- . le pH, la température et le potentiel d'oxydo-réduction (Eh) du sol grâce à des capteurs disposés à deux profondeurs (25 et 55 cm) et reliés à une centrale de mesures,
- . les caractéristiques physico-chimiques de la solution du sol en utilisant des cannes de prélèvement en céramique implantées d'une part à 25, 35, 45 et 55 cm sur la parcelle 2, d'autre part à 25 et 55 cm sur les autres parcelles.

Les mesures ont été faites régulièrement, au pas de temps quotidien ou hebdomadaire, tout au long de la saison des pluies.

Au cours du cycle cultural, des échantillons de sol ont été prélevés au niveau de trois horizons (0-10 cm, 20-30 cm et 50-60 cm) et à trois dates (avant culture, repiquage et récolte). La qualité des eaux de surface (au barrage et sur chaque parcelle) et de nappe a été également suivie de manière systématique.

- Au vu des résultats obtenus en 1989, le protocole général a été reconduit en 1990. Seul le dispositif de prélèvement de la solution du sol par bougie a été modifié et complété: une station de prélèvement a été installée à l'extérieur du casier (voir le volet morpho-pédologique) et dans le casier, seule la station principale de la parcelle 2 a été conservée (BRUNET et al., 1991).

Une première série de cannes de prélèvement de la solution du sol "in situ" a été installée le 6 juillet à des profondeurs correspondant à celles des bougies installées sur la station extérieure au casier: BP 5, 6, 7 et 8 du casier correspondant respectivement aux BP -35, -45, -55, -65.

Le 20 juillet, une fois les billons terminés, les cannes 1, 2, 3, 4 ont été installées aux mêmes cotes que l'année précédente par rapport au sommet du billon à savoir respectivement 25, 35, 45 et 55 cm de profondeur, ce qui, par rapport au sommet du billon, donne les cotes suivantes :

BP1: -25, BP2: -35, BP3: -45, BP4: -55, BP5: -52 (-35), BP6: -62(-45), BP7: -72 (-55), BP8: -82 (-65).

(-): équivalence station externe

Le protocole de mesure a été également modifié et complété afin d'effectuer des dosages de Fe²⁺: mesures de CE et pH une fois par semaine, prélèvements tous les 15 jours selon le protocole mis au point avec J.L. DUPREY pour le dosage de Fe³⁺, Fe²⁺ et Al³⁺.

La station de mesure du pH et du Eh a été réinstallée sur la parcelle 2 le 21 juillet. Les sondes de pH et Eh ont été disposées à 25 et 55 cm, la sonde de température à 25 cm (la sonde à 55 cm a été supprimée), la mèche de l'électrode de référence à 35 cm. Deux électrodes pH à 25 et 55 cm, branchées sur un Knick portable ont été installées en 1990 pour contrôle. Les mesures à la station, effectuées tous les jours en 1989, l'ont été tous les 2 jours en 1990.

Protocole phytotechnique des essais en micro-cuvettes:

Deux casiers rizicoles ont été mis en place en 1990, selon le modèle de la micro-cuvette. Ils se distinguent par le type de préparation du sol (culture en billons ou à plat) et par la nature de l'amendement (uniquement minéral pour celui cultivé en billons, minéral et organique pour le second).

- Pour la micro-cuvette cultivée en billons, les 3 parcelles losangiques A, B et C, dont la superficie est de 625 m², ont reçu les traitements suivants (FALL, 1991):

A: chaux agricole à 300 kg/ha (18.750 kg/parcelle)

B: chaux agricole à 300 kg/ha + phosphate tricalcique à 100 kg/ha (6.250 kg/parcelle)

C: phosphogypse à 1300 kg/ha (81.250 kg/parcelle)

Une parcelle témoin, située en dehors du casier, n'a reçu aucun apport.

- Pour la micro-cuvette cultivée à plat, le protocole est identique pour ce qui concerne l'amendement minéral, mais diffère par l'introduction d'une composante organique (DOBOS, 1991).

La paille est un sous-produit peu valorisé en agriculture traditionnelle. On la brûle généralement avant les travaux de mise en valeur. Les dégâts causés par les feux de brousse sont connus comme les avantages de l'amendement organique dans la reconstitution, l'amélioration et le maintien de la fertilité du sol. L'exportation de la paille pour l'alimentation du bétail et la production de fumier ou compost nécessitent des travaux supplémentaires et des manutentions coûteuses. Son utilisation directement sur place comme amendement organique permet de réduire les coûts de sa valorisation à un niveau économiquement favorable.

Cet apport organique est constitué par les pailles des cypéracées présentes naturellement sur le site. Celles-ci sont brûlées, déchiquetées sur place ou bien utilisées pour préparer du compost. Les combinaisons minérales et organiques sont présentées dans le tableau 1. Elles ont été appliquées sur des sous-parcelles losangiques

Tableau 1: Amendements de la micro-cuvette cultivée à plat

Parcelle	Amendement minéral	Paille
A 1	Chaux	brûlée
2		déchiquetée
B 3	Chaux + phosphate tricalcique	déchiquetée
4		en terre + mise en compost
C 5	Phosphogypse	déchiquetée
6		en terre + mise en compost

Rapportées à la sous-parcelle (312 m² de superficie), les quantités d'intrants minéraux, épandus sur les sous-parcelles A1, A2, B3 et C5, sont de 9.375 kg de chaux, 3.125 kg de phosphate tricalcique et de 40.625 kg de phosphogypse. Sur les sous-parcelles B4 et C6, les teneurs sont ramenées à 4.868 kg de chaux, à 1.513 kg de phosphate tricalcique et à 20.313 kg de phosphogypse.

Le déchiquetage des pailles a été effectué par un nouvel appareil mis au point à l'ISRA et permettant de faciliter l'opération sur le terrain. Cette déchiqueteuse manuelle pèse environ 13 kg et est constituée par une barre de coupe fixée sur un cadre en bois prolongé par deux bras. L'instrument est manié verticalement par deux hommes.

Le compost est constitué par de la terre mélangée aux pailles de cypéracées et aux divers amendements. Les tas sont disposés en bordure de la sous-parcelle traitée et vont y séjourner pendant toute la période d'inondation jusqu'à la prochaine campagne rizicole. Ce compost mélangé aux apports minéraux sera épandu au moment de la préparation du sol.

1.3. Moyens mis en oeuvre

Le volet agronomique a été coordonné par M. FALL, agronome-pédologue au centre ISRA de DJIBELOR-ZIGUINCHOR et par J.P. MONTOROI, pédologue au centre ORSTOM de Dakar. Les travaux de suivi du casier rizicole traditionnel ont été réalisés par D. BRUNET et P. ZANTE, pédologues au centre ORSTOM de DAKAR. M. FALL et A. DOBOS, agronome au centre ISRA de DJIBELOR, ont pris en charge les opérations relatives aux micro-cuvettes.

Il est possible d'affecter à ce volet agronomique les frais de mise en place du casier traditionnel et des micro-cuvettes, l'achat de 2 conductivimètres portables, d'un pH-mètre, du dispositif de mesures automatiques et de cannes de prélèvement de la solution du sol "in situ", le personnel de main d'oeuvre aux différentes étapes du cycle cultural et les frais d'analyses. On arrive à un total d'environ 25000-ECUS dont 60% ont été financés par le contrat DG 12 et 40% par des fonds provenant de l'UR 2 DEC du Département Eaux Continentales de l'ORSTOM. Ce bilan financier est donné à titre indicatif et ne comprend aucune dépense salariale.

2. SYSTEME DE CULTURE

2.1 Calendrier cultural

2.1.1 Casier traditionnel

Sur les conseils de l'ISRA, ce périmètre rizicole a été mis en place en juin 1988, dans le domaine des sols sulfatés acides sur matériau argileux. Il est situé à environ 50 m en aval de la piste Ziguinchor-Koubalan.

- En 1988, il n'y a pas eu de récolte pour une raison simple. Le niveau de l'eau dans la retenue, et par conséquent dans la vallée, est resté trop haut. Des débordements par-dessus la digue ont eu lieu. Le riz n'a pas pu se développer dans des conditions satisfaisantes. La seule ouverture, alors opérationnelle, s'est avérée insuffisante pour assurer l'évacuation rapide des eaux excédentaires, le site ayant par ailleurs été bien arrosé cette année.

- En 1989, la culture a pu être menée à terme selon le calendrier suivant (tableau 2):

Tableau 2: Calendrier cultural sur casier traditionnel - 1989.

Pratiques culturales	Fév.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Travail du sol	* (17/2)		* (10/8)				
Pépinière		* (11 et 22/7)					
Désherbage			* (10/8)				
Repiquage				* (6 et 16/9)			
Surveillance et entretien						* (24/11)	
Récolte							* (8-9 et 11-12/12)

- En 1990, le calendrier cultural a été reconduit avec quelques variantes. Le tableau 3 résume les différentes étapes:

Tableau 3: Calendrier cultural sur casier traditionnel - 1990.

Pratiques culturales	Janv	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Travail du sol	* (19 et 20/1)	* (mi-juil.)					
Pépinière		* (14 et 24/7)					
Désherbage			* (mi-août)				
Repiquage			* (28/8)	* (5/9)			
Surveillance et entretien					* (27/10)		
Récolte						* (28-29/11)	* (1/12)

Aucun amendement minéral et fumure organique n'ont été apportés. Les différents travaux culturaux ont été pratiqués de façon traditionnelle avec l'aide des populations de DJIGUINOUM et de DJILAKOUN. Celles-ci ont ainsi bénéficié des fruits de la récolte.

2.1.2 Micro-cuvettes

Les deux micro-cuvettes ont été construites en mars et en juin 1990, à environ 50 m en aval du casier traditionnel. Le sol est de même nature.

Quelque soit le mode de préparation du sol (culture à plat ou en billons), le calendrier cultural adopté en 1990 est identique (tableau 4)

Tableau 4: Calendrier cultural sur micro-cuvettes.

Pratiques culturales	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Travail du sol	* (27/6)----- au 4/7)						
Pépinière		* (18/7)--- (18/7)					
Amendement	*						
Repiquage			* (23/8)				
Surveillance et entretien			*-----				
Récolte						* (24/11)----- au 3-4/12)	

2.2 Techniques culturales

2.2.1 Casier traditionnel

Travail du sol

Il se fait à l'aide d'un instrument aratoire local: le kayendo. Cet outil est particulièrement efficace dans les sols lourds encore bien humides. Il sert aussi bien à élever des digues de protection des parcelles cultivées qu'à effectuer les travaux de préparation du sol proprement dits. Le paysan diola, riziculteur par tradition, a pris l'habitude de cultiver en billonnant la surface du sol. Les raisons principales sont de permettre l'entraînement et la dilution des sels contenus dans les sols du domaine fluvio-marin, d'oxygéner le milieu, de maîtriser l'enherbement et de créer une couche meuble pour le repiquage.

Cette technique a été reprise pour se situer dans le même système de culture. La date idéale pour pratiquer ce billonnage n'est pas toujours facile à programmer. On peut attendre soit les premières pluies, soit la baisse du niveau de la nappe dans la première moitié de la période sèche.

La première option a l'inconvénient d'être trop aléatoire. Si le sol est trop engorgé, les travaux risquent de ne pas se dérouler dans les meilleures conditions (manque de cohésion du matériau). La seconde option est sans doute la plus sage: on peut procéder au travail du sol au moment le plus propice et les pailles enfouies peuvent se décomposer lentement jusqu'à ce que le sol soit totalement desséché. La nature même de ce sol fait qu'en se desséchant il se rétracte de façon considérable. Les billons se structurent en mottes, celles-ci se recouvrant d'une couche poudreuse salée. Les digues nécessitent un compactage important pour éviter les risques de fissuration.

En 1989, l'ensemble des 8 parcelles a été billonné une première fois en février. Les billons font 10 m de long, 50 cm de large et environ 40 cm de haut. Après le début de la saison des pluies, la reprise d'une végétation adventice (cypéracées principalement) sur les billons a constitué une entrave au repiquage du riz et à son développement. Après un désherbage manuel, un second billonnage a été réalisé, permettant l'enfouissement de résidus végétaux non dégradés (fig. 1).

En 1990, les pailles de riz, restées sur pied, ont été enfouies en mettant à plat les billons de la précédente campagne rizicole. Leur décomposition a été facilitée par la teneur en eau du sol encore élevée et par les premières grosses chaleurs. Le billonnage de 6 parcelles est intervenu en début de saison des pluies, les 2 autres parcelles étant labourées à plat. Ces 2 parcelles, topographiquement les plus hautes, ont ensuite été subdivisées chacune en 3 sous-parcelles d'égale superficie pour la phase de repiquage (fig. 2).

Entre chaque campagne, les digues et diguettes sont rehaussées et remises en état.

Amendement

Durant les 2 campagnes rizicoles, aucun amendement organique ou engrais chimique n'a été apporté sur les parcelles, tant sur l'essai qu'en pépinière. La restitution des pailles de riz limite les exportations d'éléments fertilisants. Ce choix répond avant tout au souci de montrer l'impact direct de la gestion hydraulique du barrage anti-sel sur la possibilité de produire dans les conditions les plus rustiques.

Mise en place de la pépinière

Trois variétés ont été testées en 1989 et 1990. Il s'agit de deux variétés améliorées (DJ 684D et Rock 5) et une locale Etouhal, réputées résistantes à la salinité. Elles ont été fournies par l'ISRA la première année, après un traitement au HCH. Les semences de la seconde année proviennent de la précédente récolte et ont été traitées par un produit mixte fongicide et insecticide début juillet.

La pépinière se situe à FEGROUM, sur un sol beige de plateau billonné. Les variétés Rock 5 et Etouhal sont semées en premier, la variété DJ 684D, plus précoce, l'étant une dizaine de jours après.

Désherbage et repiquage

Cette phase particulièrement pénible est le fruit du labeur des femmes diolas. Elles procèdent selon un rituel ponctué par des chants entraînants. Les plants, issus de la pépinière, sont disposés dans les parcelles inondées. Le semis se fait sur trois lignes situées dans la partie sommitale du billon, soit une densité d'environ 200.000 plants/ha. La reprise de ces plants est effective une fois passée la période de stress occasionnée par cette transplantation.

En 1989, le manque de pluies au mois d'août, ayant retardé la submersion des parcelles et provoqué une remontée de la salinité du sol, a reporté la date de repiquage d'un mois. Après 718 mm de pluies et 57 jours de pépinière, les variétés Rock 5 et Etouhal ont été repiquées. La variété DJ 684D a attendu 814 mm de pluies et a séjourné 56 jours en pépinière. La figure 1 montre la répartition des variétés dans le casier, à raison de 3 répétitions pour DJ 684D et de 2 répétitions pour Rock 5 et Etouhal.

En 1990, préalablement au repiquage, un désherbage manuel a été effectué afin d'éliminer les diverses adventices (cypéracées et nénuphars). Le repiquage a eu lieu fin août pour Etouhal et Rock 5 et début septembre pour DJ 684D, soit après respectivement 45 et 43 jours de pépinière. Deux répétitions par variété ont été réalisées dans les parcelles billonnées. Les 2 parcelles cultivées à plat, chacune subdivisée en 3 sous-parcelles, ont également permis de tester chaque variété avec 2 répétitions. La figure 2 indique la configuration du dispositif.

Traitement et surveillance

Un traitement insecticide a été effectué chaque année. En 1989, ce traitement au propoxur à 1% a été fait fin novembre, tandis qu'en 1990, le diazinon a été utilisé fin octobre. Une surveillance permanente a permis d'éviter les dégâts dus aux oiseaux et aux animaux errants.

Figure 1: Dispositif variétal sur culture en billons
Casier traditionnel - 1989

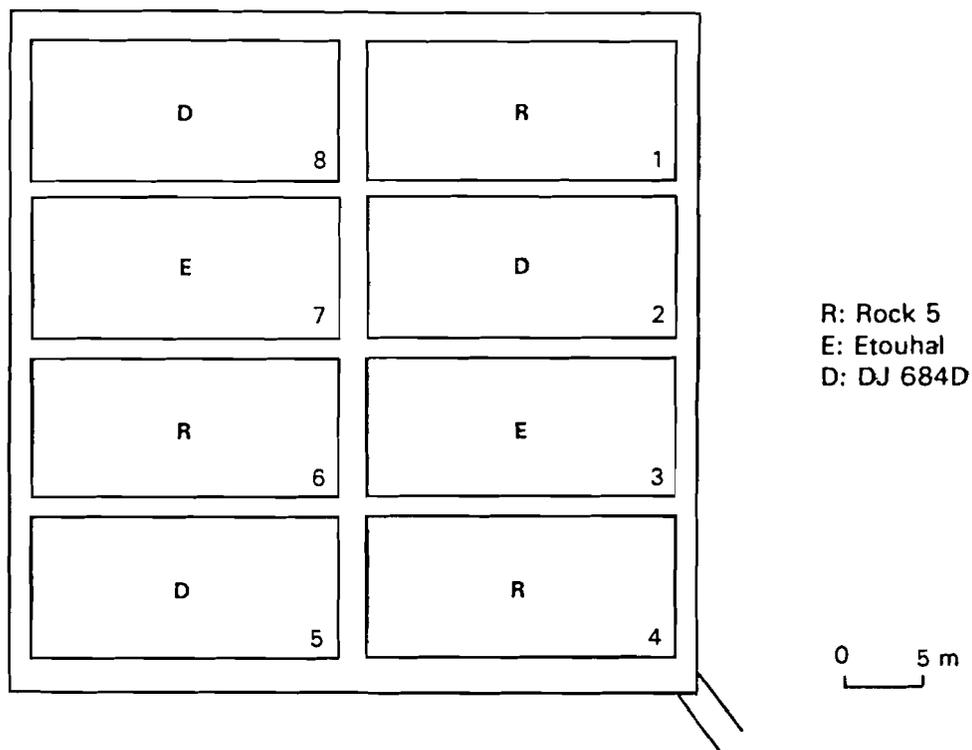
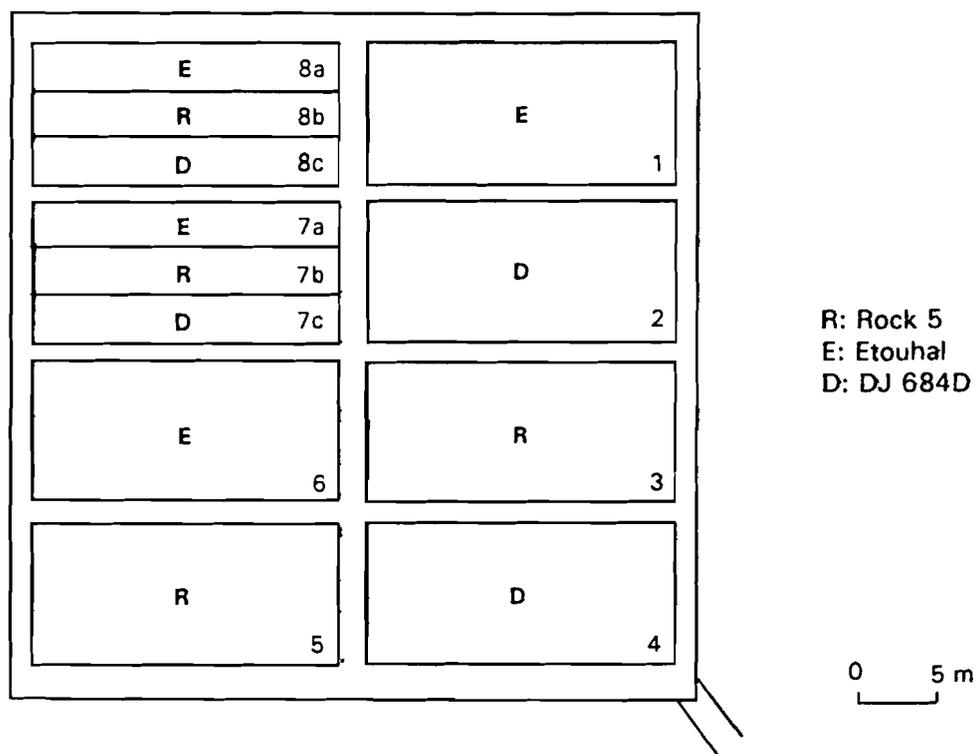


Figure 2: Dispositif variétal sur culture en billons et à plat
Casier traditionnel - 1990



Récolte

Elle est pratiquée de façon traditionnelle par les femmes diolas. Les panicules sont coupés un par un au couteau et sont regroupés en petits paquets. Ensuite, ils sont séchés au village de DJIGUINOUM (pendant un mois en 1989 et 18 jours en 1990).

En 1989, la récolte s'est faite en 2 temps: d'une part au niveau du billon médian de chaque parcelle (environ 10m²) pour l'estimation des rendements, d'autre part au niveau de l'ensemble des parcelles. En 1990, seule la seconde méthode a été employée. La récolte du billon médian s'est faite intégralement (paille et panicules) et l'égrénage manuel a permis de peser les différentes parties du végétal (grains, pailles) et d'estimer les exportations et le rendement en paddy.

L'égrénage par piétinement et le vannage clôture la phase de récolte proprement dite. Pour la campagne 1989, ces opérations se sont déroulées au début de l'année suivante, tandis qu'en 1990, elles se sont terminées le 19/12. Les rendements en paddy sont déterminés par parcelle et par variété. Une fois mis en sac, le produit de cette récolte a été cédé aux chefs des villages de DJIGUINOUM et de DJILAKOUN. Une partie a été conservée pour les semences des futurs essais.

Pour les 2 campagnes, les variétés DJ 684D et Rock 5 ont été récoltées en premier, quelques jours avant la variété Etouhal. Les caractéristiques du cycle végétatif de ces variétés sont données dans le tableau 5.

Tableau 5: Durée du cycle végétatif des variétés utilisées sur le casier traditionnel

	Rock 5		Etouhal		DJ 684D	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Séjour en pépinière (en j)	57	45	57	45	56	43
Séjour en rizières (en j)	94	92	97	95	84	84
Cycle total (en j)	151	137	154	140	140	127

Les pailles de la récolte 1989 ont été enfouies les 19 et 20 janvier 1990. L'humidité du sol, encore très élevée à cette époque, a ainsi facilité leur décomposition.

2.2.2 Micro-cuvettes

Travail du sol

Pour la micro-cuvette billonnée, la préparation du sol s'est faite comme pour le casier traditionnel. Les aménagements à l'intérieur du module (drains, renforcement de la diguette périphérique) se sont déroulés à la même période que les travaux de billonnage.

L'utilisation du kayendo est un travail difficile qui ne peut être réalisé que par les hommes. Cette main d'oeuvre est de moins en moins disponible et la période pour retourner le sol est courte. Aussi a-t-on essayé de tester le travail à plat sans retournement du sol, cette pratique laissant la couche salée en surface.

Amendement

. Les amendements minéraux sont apportés au moment des travaux de préparation du sol.

Figure 3

Casier rizicole - Culture sur billons

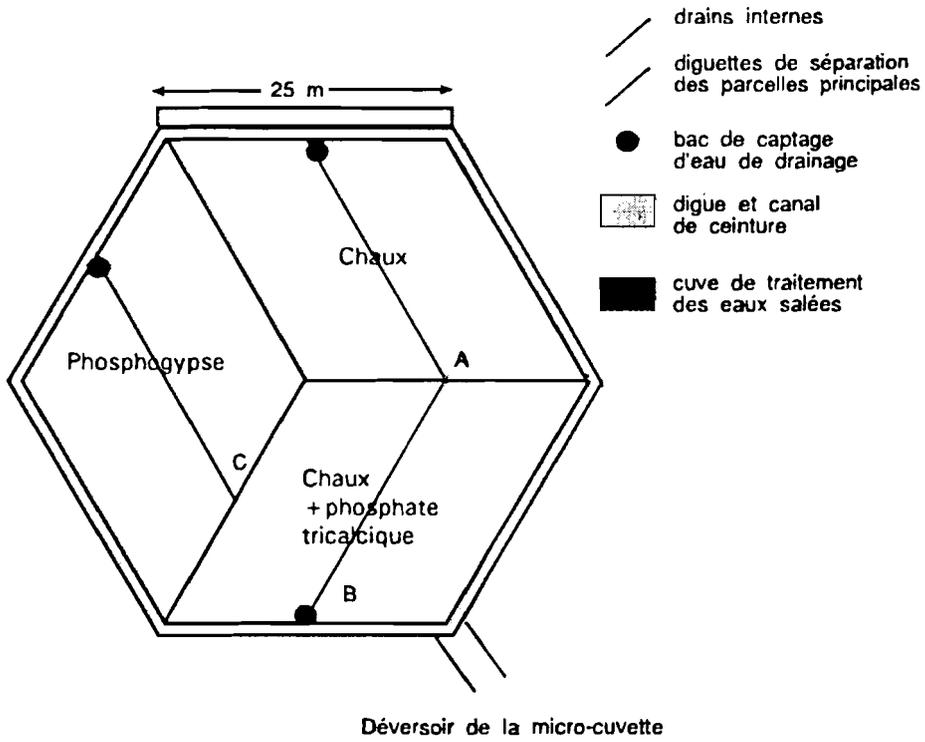
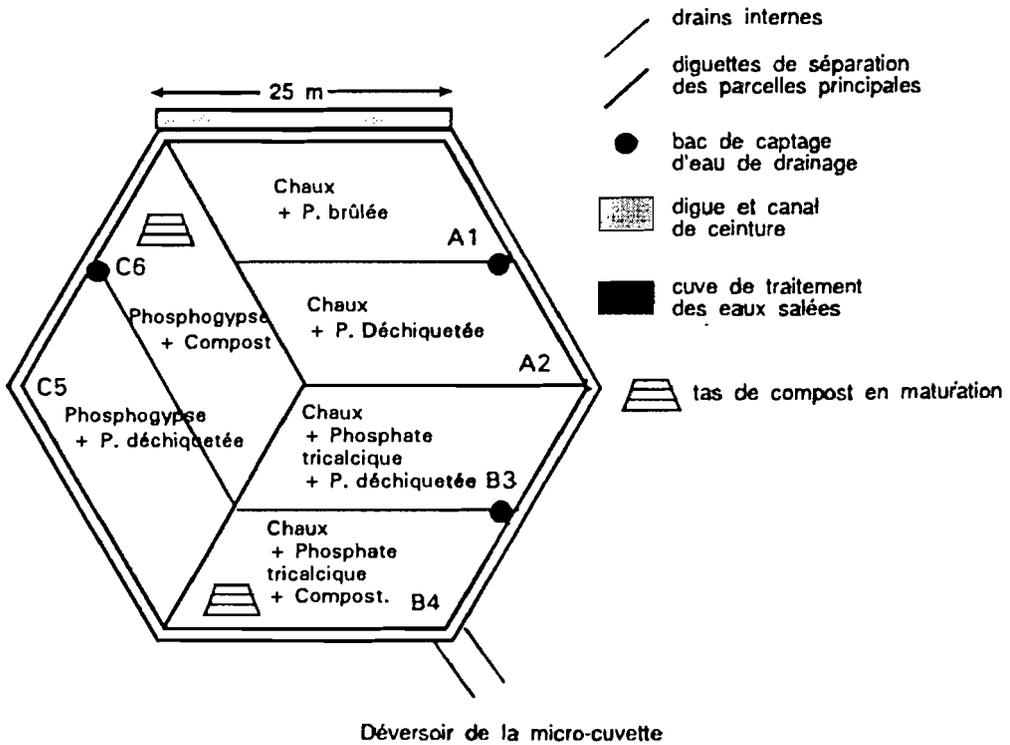


Figure 4

Casier rizicole - Culture à plat



. Le déchiquetage de la paille, préconisé dans l'essai à plat, a été réalisé lorsque le sol a été suffisamment humecté par les premières pluies. Les conditions idéales sont, comme pour le billonnage, de pratiquer cette opération après la récolte pour faciliter sa décomposition. Des observations ont montrées que l'épaisseur de la couche de paille, initialement de 15 à 20 cm, est ramenée à environ 8 cm après déchiquetage. Sur les parcelles B4 et C6, le poids de paille utilisée pour le compostage est respectivement de 172.7 kg (soit environ 5.8 T/ha) et de 215.75 kg (soit environ 7.2 T/ha).

Mise en place de la pépinière

La pépinière a été réalisée au même emplacement que pour le casier traditionnel sans amendement particulier. Seule la variété Rock 5, présentant un bon potentiel, a été utilisée.

Désherbage et repiquage

Sur billons, le riz s'est très bien comporté pendant toute la saison culturale. Le développement et le tallage ont été bons. Les cas de reprise difficile ont été remplacés par de nouveaux plants. Il n'y a pas eu d'invasion d'adventices (cypéracées). L'apparition de nénuphars a été notée et la profondeur excessive de l'eau dans la parcelle C, notamment en septembre et octobre, a gêné le tallage par endroits.

Lutte contre les cypéracées

Ces adventices constituent une forte concurrence pour le riz, car ils se mettent à pousser abondamment avec les premières pluies. Le billonnage tardif (enfouissement avant le repiquage) et l'arrachage sont des remèdes efficaces pour protéger le riz.

Dans le module à plat, l'opération d'arrachage s'est faite en eau profonde, le 22/8, juste avant le repiquage. Les pieds arrachés avec la racine flottent à la surface de l'eau et sont entassés pour le compostage. Le volume récolté est exprimé en m3 dans le tableau 6.

Tableau 6: Production de paille sur la micro-cuvette en culture à plat

Traitements	Volume moyen de paille produit (m3/ha)	Pourcentage par rapport au témoin
Après brûlage	61.9	130
Après enlèvement	54.2	114
Après déchiquetage	47.7	100

Le déchiquetage présente un effet positif pour éviter la repousse des cypéracées, contrairement au brûlage traditionnel qui favorise l'enherbement du sol.

Récolte

. Sur le module billonné, la récolte s'est effectuée par le prélèvement de 250 échantillons de plants entiers. La récolte en vrac a été faite au couteau dans les parcelles A, B et C sur un terrain encore boueux. Les gerbes coupées et séchées pendant deux jours sur la diguette ont été rassemblées sur terrain sec pour le battage (5/12), le vannage (7/12) et le pesage (17/12).

La variété Rock 5 a séjourné 36 jours en pépinière, 102 jours en rizière, soit un cycle végétatif total de 138 jours.

. Sur le module à plat, le développement du riz s'est effectué, mais sa distribution spatiale dans les parcelles a été très hétérogène. Pour diverses raisons techniques et organisationnelles (pépinière tardive, manque de plants hauts pour les besoins du repiquage en eau profonde) les résultats obtenus

ne sont qu'indicatifs mais très encourageants. Une production de grains a pu être mise en évidence, cependant insuffisante pour être prise en considération.

A titre de comparaison, une surface de 140 m² a été préparée le 3/9/1990 pour servir de témoin et montrer que la production de riz a été possible dans les conditions les plus extrêmes. Elle n'a reçu aucun aménagement et traitement particulier. Seul un désherbage manuel en eau profonde (40 à 50 cm) a été réalisé. Les cypéracées, hautes de 70 cm, formaient une végétation dense ayant poussé grâce aux 850 mm de pluies. Les variétés Etouhal (sur 28 m²) et Rock 5 (sur 112 m²) ont été testées. La reprise a été lente, le tallage faible et le développement souffreteux. Les cypéracées n'ont pas repris sauf au niveau des souches restées en place. Le riz a toujours dominé jusqu'à la récolte intervenue le 4 et 5/12/1990 après 88 jours en rizière.

3 AMELIORATION DE L'AMBIANCE PHYSICO-CHEMIE DU SOL

Dans le casier traditionnel, l'instrumentation mise en place a permis de suivre l'évolution des conditions physico-chimiques du sol tout au long de la campagne rizicole. Sur les micro-cuvettes, ce dispositif n'existant pas, seules les eaux de surface ont fait l'objet d'un suivi.

3.1 Contrôle de la qualité de l'eau disponible pour le riz

La qualité des eaux de surface a été suivie régulièrement, ainsi que celle des eaux de nappe grâce à 2 piézomètres installés dans le casier et un piézomètre à l'extérieur, près de la digue de ceinture. Une échelle limnimétrique, placée dans le drain central, a permis de contrôler le niveau de la lame d'eau.

Le contrôle de la qualité de la solution du sol peut se faire à plusieurs niveaux et selon plusieurs méthodes (en continu, par dépression ou sur extrait 1/5). C'est surtout dans la zone superficielle, siège du système racinaire, que l'information est la plus importante.

La station de cannes de prélèvement de la solution du sol "in situ" a permis de bien suivre son évolution temporelle. Le dessalement est tangible jusqu'à 50-60 cm de profondeur. En surface, il est bien démontré par la figure 5. En 1989, la remontée de la salinité est imputable à une période de sécheresse ayant eu lieu en août. En 1990, le dessalement a été mieux perçu à 25 cm, tandis qu'à 35 cm, les courbes restent voisines. Cette évolution vers une diminution de la salinité est également perceptible sur sol non cultivé, mais à un moindre degré (voir volet morpho-pédologique).

Les données en continu obtenues sur la centrale de mesures montrent une évolution inverse du pH et du potentiel d'oxydo-réduction (Eh), cette évolution se retrouvant d'une année sur l'autre. L'augmentation du pH entre les valeurs 4 et 5.5 est plus régulière que celle enregistrée avec les cannes de prélèvement "in situ". On remarque une acidification plus forte à tous les niveaux dès l'assèchement de la parcelle.

La composition ionique de la solution du sol est le reflet de la teneur en sel. Tout au long de la saison des pluies, elle reste chlorurée sodique, les rapports ioniques restant constants quelque soit la concentration. Le dessalement observé est commandé par un processus de dilution d'une eau d'origine marine mais présentant un faciès aluminique marqué. L'arrêt des pluies déclenche la reconcentration de la solution salée. L'étude sur la solution du sol a permis de dégager deux relations utiles lorsque l'on veut faire un diagnostic sur le niveau de minéralisation des eaux. Il s'agit:

- . d'une part de la relation salinité (S exprimée en g/l) - conductivité électrique (CE exprimée en millisiemens/cm),
- . d'autre part de la relation salinité - teneur en chlorures (Cl exprimée en g/l).

Le tableau 7 donne les paramètres d'ajustement statistique selon une relation linéaire des données 1989 et 1990 prises globalement.

Figure 5

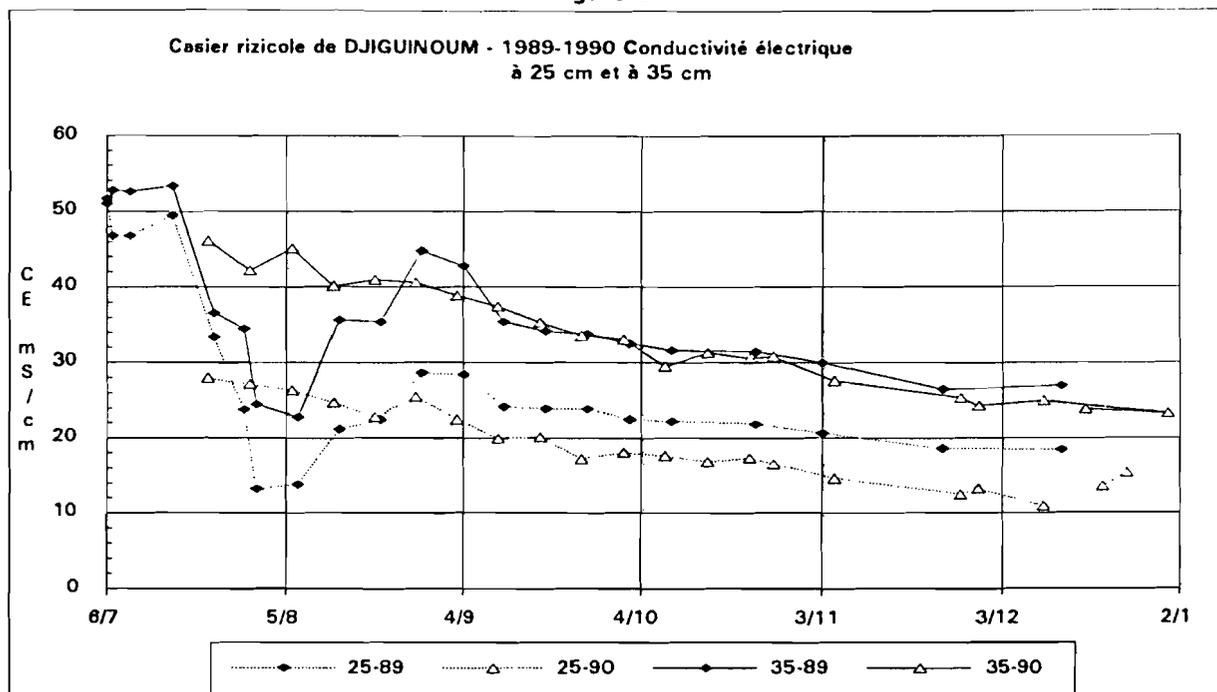


Tableau 7:

Relation	Pente (a)	Ordonnée à l'origine (b)	R ²
$S = axCE + b$	0.772	-1.856	0.93
$S = axCl + b$	0.00178	2.447	0.99

Spatialement sur l'ensemble du casier traditionnel, le pH varie peu d'une parcelle à l'autre. Il reste compris entre 3 et 4.5. La conductivité électrique est très variable en début de saison des pluies, principalement dans la couche superficielle, cette variabilité s'estompant progressivement. Les teneurs en aluminium et en silice suivent la même évolution que les autres éléments dissous.

3.2 Régénération de la fertilité

Sur la vallée de Djiguinoum, plusieurs tentatives d'amélioration de la fertilité ont été effectuées en 1986 et 1987 (SYLLA et al., 1987; ISRA/ORSTOM, 1988). Elles n'ont pas donné de résultats probants. En 1986, du riz a poussé sur des parcelles situées dans une zone peu salée et fortement acidifiée, où des rizières encore productives étaient cultivées par les paysans. Ces terres ont été abandonnées devant l'ampleur de l'acidification, sans doute liée à la fermeture totale du barrage.

Les processus d'acidification restent à être explicités de manière plus complète en se référant à la dynamique de l'ensemble du bassin versant: le matériau du bas-fond est une source d'acidité importante, mais les apports venant des plateaux acides ne sont pas à sous-estimer. L'interaction annuelle de ces deux milieux pourrait contribuer à l'amplification du phénomène. Une étude géochimique détaillée doit être réalisée en ce sens.

L'acidité du sol peut être corrigée par des amendements minéraux et organiques qui doivent compléter les effets de la gestion hydraulique du barrage. En conditions naturelles, l'acidité potentielle des vasières, occupées par la mangrove, est neutralisée par les eaux saumâtres. En milieu temporairement inondé, la forte acidité du milieu génère des éléments toxiques préjudiciables au développement normal des végétaux. La reconstitution d'un milieu fertile doit ramener le pH du sol à des valeurs neutralisant l'aluminium échangeable. Les amendements minéraux améliorent la réserve minérale du sol en insolubilisant les éléments acidifiants, tels que l'aluminium.

La paille et la matière organique décomposée protègent le sol, en saison sèche, contre l'assèchement profond du sol qui accentue le processus d'acidification. En créant une couche perméable en surface, elles favorisent, en début de saison des pluies le dessalement superficiel et l'enracinement des semis.

4. IMPACTS DES AMENAGEMENTS

4.1 Sur les rendements

4.1.1 Casier traditionnel

La gestion hydraulique du barrage anti-sel de DJILAKOUN a permis d'obtenir une production de riz satisfaisante dans une zone particulièrement dégradée par la sécheresse et abandonnée par les paysans depuis une quinzaine d'années. Les résultats des rendements par variété en 1989 et 1990 sont donnés par les figures 6 et 7.

Figure 6

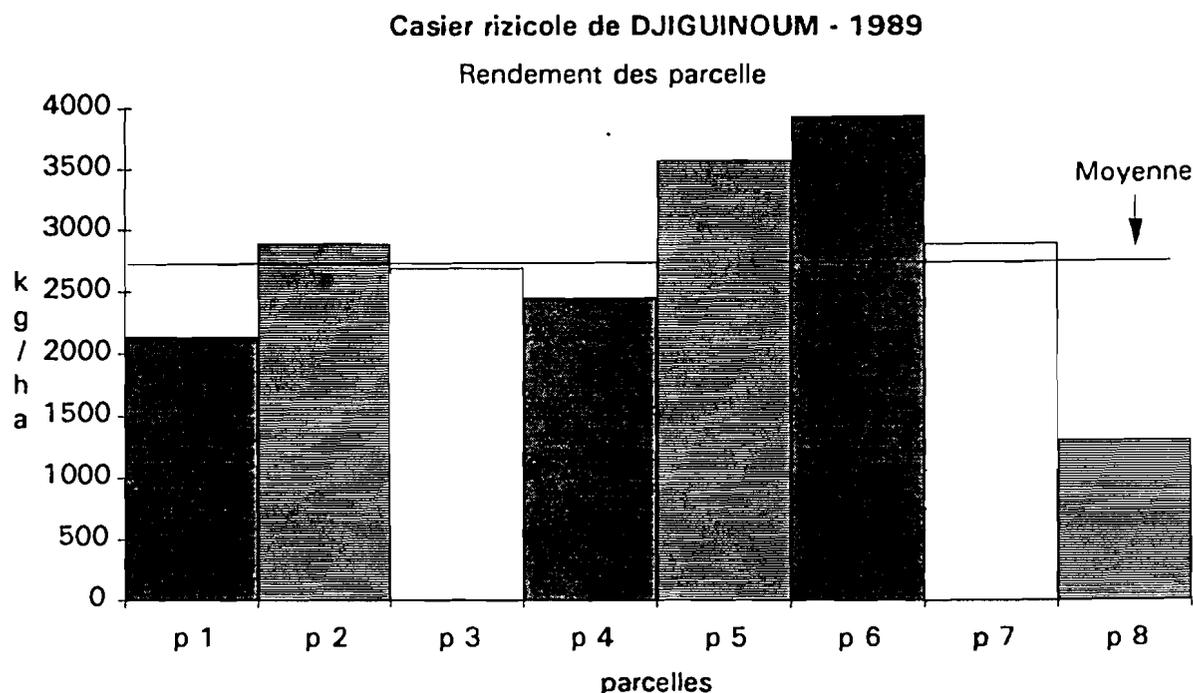
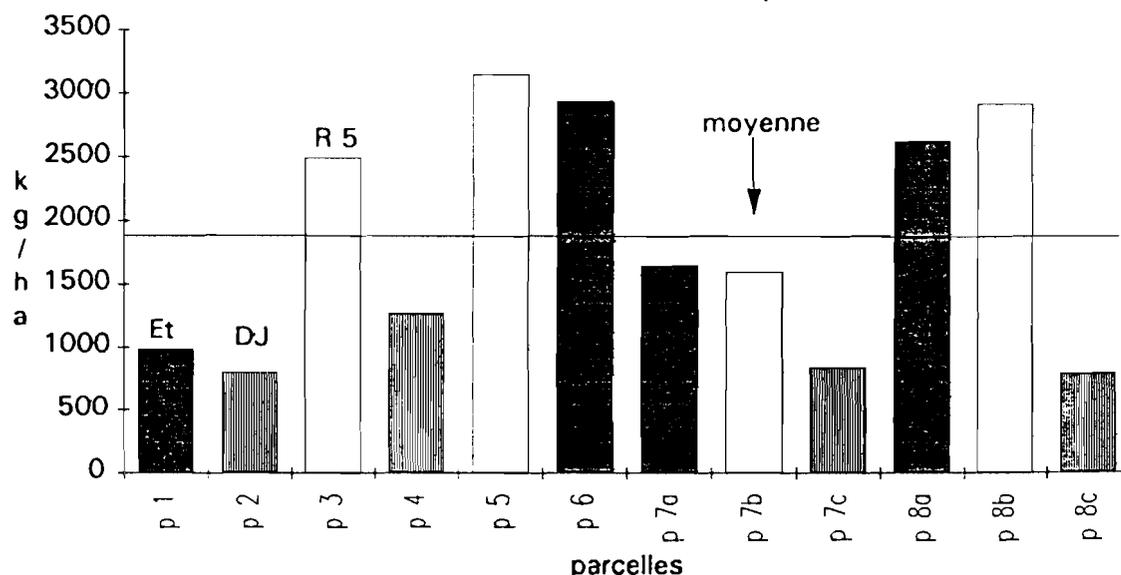


Figure 7

Casier rizicole de DJIGUINOUM - 1990
Rendement des parcelles



- En 1989, le rendement moyen de l'essai est de 2.7 T/ha. Comparé aux données existantes dans la région, où on enregistre un rendement moyen de 0.7 T/ha en 1986 et de 1.1 T/ha en 1987 (Source: Direction de statistique, Ministère de l'Economie et des Finances, 1989), ce résultat peut être considéré comme satisfaisant. Les rendements moyens par variété sont très proches, le meilleur résultat revenant à la variété Rock 5 et le moins bon à DJ 684D (tableau 8). Cependant, cette variété a subi sur la parcelle 8 un stress plus important (inondation insuffisante et salinité plus élevée).

- En 1990, une grande hétérogénéité s'est manifestée d'une parcelle à l'autre. On observe de gros écarts de rendements selon les variétés:

Rock 5 : 2,5 T/ha
 Etouhal : 2,0 T/ha
 DJ 684D : 0,9 T/ha

Soit un rendement moyen de 1,8 T/ha.

La variété DJ 684D a, semble t-il, beaucoup plus souffert de la salinité que les deux autres. Les rendements moyens par variété et type de travail du sol sont donnés dans le tableau 8. L'influence du mode de préparation du sol ne semble pas être déterminante. Le rendement moyen sur billons est de 1.9 T/ha, tandis qu'en culture à plat, il est de 1.7 T/ha. La résistance au sel semble être un facteur plus marquant que la façon culturale.

Tableau 8: Rendements moyens par variété et par façon culturale sur le casier traditionnel (en T/ha)

Travail du sol	Variété	1989	1990
Billonnage	ROCK 5	2.8	2.8
	DJ 684D	2.6	1.0
	ETHOUHAL	2.8	1.9
Culture à plat	ROCK 5	-	2.2
	DJ 684D	-	0.8
	ETHOUHAL	-	2.1

4.1.2 Micro-cuvettes

Sur le périmètre témoin non aménagé, c'est à dire sous la seule influence du barrage anti-sel, la production de riz est faible mais a le mérite d'exister. Elle a été de 0.1 T/ha en paddy pour la variété Rock 5.

Seuls les résultats obtenus sur la micro-cuvette billonnée présentent une signification. Le tableau 9 rassemble les résultats de la campagne 1990. Le rendement moyen sur l'ensemble du module est de 1.0 T/ha. L'effet de l'amendement combiné chaux-phosphate tricalcique est le plus positif. Il l'est également pour la chaux seule. Seul le traitement au phosphogypse donne un résultat en dessous du rendements moyen de la micro-cuvette.

Tableau 9: Rendements en riz paddy sur la micro-cuvette billonnée

Traitements parcelle	Poids de grains (en kg)		Total parcelle (en kg)	Rendement (en T/ha)
	sur 250 poquets	en vrac sur parcelle		
A chaux seule	12.0	50.0	62.0	1.0
B chaux + phosphate tricalcique	14.5	60.0	74.5	1.2
C phosphogypse seul	15.0	29.0	44.0	0.7
Total	41.5	139.0	180.5	1.0
Témoin	4.3	25.0	29.3	0.5

Le semis a été effectué à 125.000 plants/ha. La production de paille est importante. Sur chaque parcelle (A, B et C), une série de 100 mesures de la hauteur totale des plants a été réalisée le 23/11/1990. Quel que soit le traitement, la hauteur moyenne pour chacune des parcelles est comprise entre 110 et 115 cm. On a plus de 70 plants sur 100 présentant une taille supérieure à 105 cm. Cette valeur atteint même 90% pour le traitement chaux + phosphate tricalcique.

4.2 Sur la sécurisation de la production

Un petit barrage représente une dépense relativement modeste, moins de 10 millions de F CFA, et protège quelques centaines d'hectares de terres. La demande, parmi la population rurale, est forte, ce qui nécessite la réalisation d'un grand nombre d'ouvrages de ce type. Le coût global s'élève rapidement. Si certains petits barrages ont relativement bien fonctionné, surtout lorsque les sols sont légers, il faut reconnaître que le gain de production n'est pas celui attendu.

Tout le problème de la gestion des barrages se pose encore avec acuité, car aucune solution n'est idéale et unique. Il s'agit de choisir celle qui présente le moins d'inconvénients sur un milieu déjà bien dégradé. Il est certain qu'un fonctionnement en barrage anti-sel s'impose maintenant en saison sèche pour sécuriser les rizières douces et limiter la dégradation chimique des sols. La mise en valeur des terres amont est plus que jamais à l'ordre du jour. C'est un travail de longue haleine, qui nécessite la mobilisation de moyens humains et matériels importants (ALBERGEL et al., 1990).

La stratégie actuelle de développement agricole en basse Casamance doit abandonner les objectifs initiaux qui consistaient en un accroissement des terres emblavées et des rendements (MONTOROI, 1990). Elle doit d'abord viser la sécurisation de la production rizicole et la réhabilitation de terres dégradées, lorsque cela est techniquement et économiquement possible (paille, chaux agricole, phosphate tricalcique, phosphogypse, fumures NPK équilibrées).

La gestion hydraulique du barrage anti-sel, notamment le maintien d'une lame d'eau compatible avec la physiologie du riz, peut constituer une source de conflit entre les paysans proches du barrage et ceux qui en sont éloignés. Une retenue située en amont permettrait de stocker les eaux pluviales destinées à alimenter les rizières douces. Ce type de conflit a eu lieu à la fin de la saison des pluies 1991, car des pluies particulièrement abondantes sont survenues à un moment où les rizières non salées souffraient d'un déficit hydrique inquiétant. Les populations ont souhaité retenir cette manne inattendue plutôt que de la voir disparaître en ouvrant le barrage. Le niveau d'eau est devenu trop haut pour préserver la piste traversant la vallée, mais n'a heureusement pas nui au développement du riz déjà bien épié dans les casiers expérimentaux.

Pour sécuriser la production, il faut pouvoir limiter les effets néfastes du sel et des éléments toxiques ainsi que de pouvoir maîtriser la ressource d'eau qu'elle soit salée ou douce.

Les observations montrent que les racines du riz explorent la couche superficielle du sol (soit les 20 premiers centimètres), d'où la nécessité de maintenir une lame d'eau assurant la submersion permanente des billons afin d'éviter un ressalement. Ces conditions favorisent également une légère remontée du pH.

4.3 Sur l'extension de la superficie cultivable

Les résultats obtenus sur les différents casiers pilote permettent d'envisager l'extension du dispositif à l'ensemble du bas-fond salé, soit environ 90 ha. Associée aux rizières actuellement productives en tête de vallée et sur les bas de versant, c'est la totalité du bas-fond qui pourra être mis en valeur, soit 150 ha.

Parler d'extension des terres est impropre. Il s'agit plutôt de reconquérir un milieu agricole, jadis productif, et maintenant laissé à l'abandon sous les effets néfastes du climat.

La réhabilitation des terres est possible si on combine judicieusement les techniques suivantes:

- . la protection contre la salinisation des sols.
- . la maîtrise de l'eau,
- . les variétés tolérantes,
- . les apports fertilisants,

Cependant, la mise en oeuvre de ces techniques nécessite un encadrement suffisant des populations rurales devant assurer l'aménagement général du terroir que constitue les bas-fonds rizicoles.

La situation environnementale, rencontrée dans la vallée de DJIGUINOUM, est similaire aux autres petites vallées casamançaises. Néanmoins, on devra tenir compte de la spécificité de chacune de ces vallées, notamment dans les aspects liés à la gestion hydraulique des aménagements.

5. CONCLUSION

Quelles que soient les techniques utilisées et les conditions pluviométriques rencontrées en 1989 et 1990, les essais rizicoles montrent de manière évidente que la production de riz est désormais possible sur les terres dégradées de Basse Casamance. Une troisième campagne, actuellement en cours, se présente favorablement. Il importe de respecter certaines règles et de combiner un certain nombre de techniques améliorantes pour assurer la pérennité du dispositif expérimental et envisager son intégration dans le système de production casamançais.

Le plus important est la maîtrise de l'eau pluviale au niveau du bas-fond via la gestion raisonnée des ouvrages anti-sel. Cette gestion en un point unique de la vallée ne résoud pas totalement les besoins en eau des populations pour l'exploitation de leurs parcelles. Il a l'avantage actuellement d'améliorer la qualité de l'eau et par conséquent de créer un terrain propice à la reprise de l'activité rizicole. Privilégier cet objectif de réhabilitation des terres salées, en ne prenant pas suffisamment en compte les besoins des rizières productives en tête de vallée, ne peut constituer une solution à long terme. L'accent a été

mis jusqu'à présent pour répondre aux besoins de l'expérimentation. Nécessairement, des retenues d'eau supplémentaires au niveau parcellaire permettront de gérer harmonieusement la ressource eau sur l'ensemble de la vallée. Un modèle de gestion en cascade pourrait alors être mis en fonction.

Indéniablement, la technique du billonnage a montré son avantage, notamment sur le casier traditionnel, où les rendements sont prometteurs. C'est une solution incontournable sur les sols stérilisés et durcis en surface. Elle ameublir la terre, facilite l'entraînement des sels et le repiquage du riz. Sa demande importante en main d'oeuvre et en temps de travaux peut nuire à sa réintroduction dans le système de production, lorsque elle a disparu pour des raisons historiques..

La reconstitution d'une couche meuble et fertile à la surface du sol par apport régulier de matière organique paraît nécessaire pour remplacer la technique du billonnage par celles des cultures à plat sur les terres sulfatés acides dégradées. Les observations faites en 1991 sur le même dispositif sont, à ce titre, révélatrices. L'utilisation du compost préparé l'année précédente a montré l'effet bénéfique de cet apport sur la développement du riz en culture à plat. La production de grains devrait confirmer ce fait au moment de la récolte.

Les amendements minéraux sont une pratique à encourager pour atténuer l'acidité de ces terres. Leurs effets sont plus ou moins nets sur une année culturale. C'est à plus long terme que l'on pourra juger de leur réelle efficacité, ceci sans tenir compte des aspects économiques qui peuvent constituer un frein à leur diffusion. Combinés à des apports organiques, ils deviennent plus performants et leurs coûts sensiblement diminués.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL J., BRUNET D., DUBEE G., MONTOROI J.P., ZANTE P., 1990. Gestion d'un barrage anti-sel en Basse Casamance (Sénégal). In A. KERGREIS et J. CLAUDE (éd.), "Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride", Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 275-285.

BEYE G., 1973. Une méthode simple de dessalement des sols de tanne de Casamance: le paillage. *Agro. Trop.*, 28, 5, 537-549.

BEYE G., 1973. Etude comparative de différents engrais phosphatés pour la fumure phosphatée du riz en sols de rizière très acides de basse Casamance. *Agro. Trop.*, 28, 10, 937-945.

BEYE G., 1973. La fertilisation phosphatée et azotée du riz sur sols sulfatés acides du polder de Médina (basse Casamance). *Agro. Trop.*, 28, 8, 767-775.

BEYE G., 1974. Etude comparative de l'action de la potasse et de la paille enfouie sur le développement et le rendement du riz sur sol argileux de basse Casamance. *Agro. Trop.*, 29, 8, 803-811.

BEYE G., 1975. Bilan de cinq années d'études du dessalement des sols du polder de Medina. *Agro. Trop.*, 30, 3, 251-263.

BEYE G., 1977. Influence de la longueur de la submersion avant repiquage et de l'enfouissement de paille sur les propriétés physico-chimiques de deux sols de rizière et sur le développement et les rendements du riz. *Agro. Trop.*, 32, 1, 31-40.

BEYE G., TOURE M., ARIAL G., 1978. Action de la paille enfouie sur les caractéristiques physico-chimiques des sols submergés de rizières de basse Casamance et sur le développement du riz. *Agro. Trop.*, 33, 4, 381-389.

BEYE G., TOURE M., ARIAL G., 1979. Etude de la chimie des principaux sols submergés de basse Casamance en relation avec le développement et la nutrition minérale du riz. *Agro. Trop.*, 34, 3, 271-300.

BRUNET D., ZANTE P., 1990. Essai rizicole de la vallée de Djiguioum, basse Casamance. Rapport agro-pédologique. Multigr., ORSTOM/Dakar, 42 p. + annexes.

BRUNET D., ZANTE P., J.L. DUPREY, 1990. Essai rizicole en culture traditionnelle. Vallée de Djiguioum (Basse Casamance). Rapport agro-pédologique 1990. Multigr., ORSTOM/Dakar, 66 p. + annexes.

BOIVIN P., ZANTE P., 1986. Essai de récupération d'un sol sulfaté acide en cases lysimétriques. Rapport de campagne. Multigr., ORSTOM/Dakar, 9 p. et annexes.

DOBOS A., 1991. Essais de mise en valeur rizicole des sols salés et sulfatés acides. Multigr., ISRA/Djibelor, 30 p.

FALL M., 1991. Volet pédologie et aménagements des bassins versants. Aménagement en microcuvettes sur billons. Multigr., ISRA/Djibelor, 7 p.

ISRA/ORSTOM, 1988. Mise en valeur des mangroves au Sénégal. Rapport final. C.C.E., contrat T.S.D. A 104 (MR), 64 p.

MONTOROI J.P., 1990. Les sols et l'agriculture dans le domaine estuarien de basse Casamance. Séminaire "Conservation et utilisation durable des ressources naturelles du bassin hydrographique de la Casamance", 22-26 Octobre 1990, Ziguinchor (Sénégal), 21 p.

SYLLA M., COLLY J.P., KOSSY B., 1987. Effets de trois formes de phosphates sur la production de riz sur sol acide présentant des teneurs toxiques en aluminium. Multigr., ISRA-DSRA.